BAB VI
PERANCANGAN ALAT UTAMA

Nama Alat : Kolom Destilasi
Kode : D-130
Fungsi : Memisahkan produk CCl_4 dari impuritisnya
Type kolom : Silinder tegak dengan tutup atas dan bawah berbentuk standar dish
Type tray : Sieve tray

Dasar perencanaan prancangan

- Tekanan operasi : 1 atm
- Feed masuk, q : 1
- Suhu feed masuk : 86 ^oC
- Feed masuk plate : 9
- Kolom destilasi dilengkapi kondensor total dan reboiler parsial

Direncanakan

- Bahan konstruksi : High-alloy Steel SA 167 Grade 10 type 310
  f = 18750 (Brownell,1959. App D-4)
- Jenis pengelasan : Double welded butt joint
  E = 0,8 (Brownell,1959. tabel 13-2)
- Faktor korosi : 1/16 = 0,0625 in

a. Menghitung jumlah plate minimum (N_m)

$\alpha_{ij} = P_i^{sat} / P_j^{sat}$

Dari Appendix A diperoleh :

α_{LD} = 2,4968

α_{LB} = 1,50

$\alpha_{L,av} = \sqrt{\alpha_{LD}\ \alpha_{LB}}$

$\alpha_{L,av}$ = 1,9346

Dari App.A diperoleh :

X_{LD} = 0,9054

X_{HD} = 0,0004

X_{HB} = 0,0451

X_{LB} = 0,0093

$\alpha_{L,av}$ = 1,9346

$$N_m = \frac{\log[(x_{LD}D / x_{HD}D)(x_{HB}B / x_{LB}B)]}{\log \alpha_{L,av}}$$

(Pers. 11.58 Couldson & Richardsons p524)

N_m = 13,9263

Dari Appendix A diperoleh :

Rm = 1,2581631

$$\frac{Rm}{Rm + 1} = \frac{1,2581631}{1,2581631 + 1} = 0,5571622$$

R = 1,8872447

$$\frac{R}{R + 1} = \frac{1,887244722}{1,8872447 + 1} = 0,653649$$

Dari figure 11.11 Couldson and Richardson's 4th, hal 524 didapatkan :

Nm/N = 0,56

sehingga,

$$\frac{13,9263}{N} = 0,56$$

N = 24,87 ≈ 25

b. Menentukan letak umpan masuk menggunakan metode Kirk-Bride's

Dari Appendix A diperoleh :

$Xf,_{HK}$ = 0,0226

$Xf,_{LK}$ = 0,4610

$Xd,_{HK}$ = 0,0004

$Xb,_{LK}$ = 0,0093

D = 49,4126 kmol/jam

B = 48,6009 kmol/jam

$$\log \frac{Ne}{Ns} = 0,206 \log\left(\left(\frac{Xf,_{HK}}{Xf,_{LK}}\right) \cdot \frac{B}{D} \cdot \left(\frac{Xb,_{LK}}{Xd,_{HK}}\right)^2 \right)$$

(Pers. 11.62 Couldson & Richardsons p526)

$$\log \frac{Ne}{Ns} = 0,206 \log\left(\left(\frac{0,0226}{0,4610}\right) \cdot \frac{48,600855}{49,4126} \cdot \left(\frac{0,0093}{0,0004}\right)^2 \right)$$

$$\log \frac{Ne}{Ns} = 0,2713$$

$$\frac{Ne}{Ns} = 1,8677$$

Sehingga,

Ne + Ns = 25

Ns = 16

Ne = 9

Jadi feed masuk pada plate ke 9 dari atas

c. Menentukan distribusi beban massa pada kolom

Dari Appendix B diperoleh :

Enriching

V = 142,6663 kmol/jam

L = 93,2537 kmol/jam

Exchausting

V' = 142,6663 kmol/jam

L' = 191,2672 kmol/jam

- Dari Appendix A diperoleh :

Komponen	X_F	X_D	X_B	Y_F	Y_D	Y_B	BM
CS_2	0,04749	0,0942	0,0000	0,1482	0,2058		76,139
CCl_4 LK	0,46104	0,9054	0,0093	0,6081	0,7940	0,0362	154
H_2O HK	0,02259	0,0004	0,0451	0,0135	0,0002	0,1171	18
S_2Cl_2	0,46888	0,0000	0,9456	0,2302		0,8469	135
Jumlah	1	1	1	1	1	1	383,139

- Perhitungan beban destilasi

Bagian	**Uap**			**Liquid**		
	kmol/jam	BM	kg//jam	kmol/jam	BM	kg/jam
Enriching						
Atas	142,6663	137,95	19681,309	93,2537	146,6	13670,692
Bawah	142,6663	136,25	19438,059	93,2537	138,32	12898,966
Exchausting						
Atas	142,6663	136,25	19438,059	191,2672	138,32	26456,308
Bawah	142,6663	122,01	17406,272	191,2672	129,9	24845,46

- Berdasarkan perhitungan,desain kolom distilasi akan didasarkan pada enriching dan exchausting yang mempunyai laju alir terbesar, dengan perincian :

V' = 19681,3088 kg/jam BM = 137,95

L' = 26456,3084 kg/jam BM = 138,32

- Perhitungan densitas campuran

Densitas vapor :

P = 1 atm

T = 345,62 K

$$\rho_V = \frac{BM \times T \times P}{V \times T_i \times P_0} = \frac{137,95 \times 273,15 \times 1}{359,05 \times 345,62 \times 1}$$

ρ_V = 0,3037 lb/ft^3

= 0,0049 g/cm^3

= 0,00004 mol/cm^3

Total	x_B	ρ (lb/ft^3)	$\rho_L = \rho.x_B$		
			lb/ft^3	g/cm^3	mol/cm^3
CCl_4	0,0093	98,88589	0,9194	1,5839	0,0115
H_2O	0,0451	62,303105	2,8103	0,9980	0,0072

S_2Cl_2	0,9456	105,50325	99,7634	1,6899	0,0122
Total	1		103,4931	4,2719	0,0309

Dari Appendix A diperoleh :

$\Sigma P.Xi$ = 760 mmHg

= 14,6959 psia

= 1013249,1 dyne/cm^2

Menghitung surface tension :

$\sigma^{1/4}$ = $\Sigma P.Xi\ (Xi-\rho_L)$ (Kusnarjo, 2012 p37)

= 1013249,1 $\left(1 - 0{,}0309\right)$

= 981956,27 dyne/cm

σ = 31,4792 dyne/cm

d. Menaksir diameter tray dan tray spacing kolom destilasi

Laju alir uap = 19681,3088 kg/jam

= 8925,4735 lb/jam

$$V = \frac{8925{,}4735\ \text{lb/jam}}{0{,}17\ \text{lb/ft}^3} \times \frac{1\ \text{jam}}{3600\ \text{s}}$$

V = 14,5841 ft^3/s

V_m = 1,3 x V

= 11603,116 lb/jam

Dengan menggunakan persamaan 3-1 dan 3-2 (Kusnarjo, 2012 p44)

$$d_t = 1{,}13\sqrt{\frac{V_m}{G}} = 1{,}13\sqrt{\frac{11603{,}1156}{G}}$$

$$G = C\sqrt{\rho_V\,(\rho_L-\rho_V)} = C\sqrt{0{,}3037\left(103{,}493 - 0{,}3037\right)}$$

Diasumsikan biaya untuk satu bagian tray, sebagai berikut:

- Silinder/Shell : Rp. 50.000 /ft^2
- Tray/Plate : Rp. 40.000 /ft^2
- Down comer : Rp. 35.000 /ft^2

Silinder = $(\pi.d_t.T).Rp$

Tray = $((\pi/4).d_t^2-A_d).Rp$

Down comer = $(W_d.T).Rp$

Dari gambar 3.6, grafik hubungan surface tention dan faktor C (Kusnarjo, 2012)

Tray spacing : 10 - 36 in

Surface tention, σ : 31,4792 dyn/cm

Untuk menaksir harga satu bagian tray, dari gambar 3.4 diasumsikan sebagai berikut:

Lw/d_t = 65% At = 1,2626

A_d = 5,5%

W_d = 12%

T	C	G	d_t	Biaya tiap bagian tray (Rp)			Total biaya
in		lb/ft²	ft	Silinder	Tray	Down comer	Rp.
10	70	391,8	6,15	9654145	1185093	42000,00	10881237,60
12	148	828,5	4,23	7967337	559358	50400,00	8577094,85
15	**260**	**1455,4**	**3,19**	**7513934**	**317456**	**63000,00**	**7894390,26**
18	340	1903,2	2,79	7884894	242243	75600,00	8202736,75
20	380	2127,1	2,64	8287070	216512	84000,00	8587582,00
24	450	2518,9	2,43	9138350	182490	100800,00	9421640,31
30	500	2798,8	2,3	10836750	164021	126000,00	11126771,38
36	530	2966,8	2,23	12630699	154612	151200,00	12936511,19

Diameter tray yang optimal ditetapkan dari harga satu bagian tray termurah, diman

Satu bagian tray termurah terletak pada T = 15 in

dengan harga d_t = 4,23 ft ≈ 5 ft = 60 in

e. Menentukan tipe aliran

Laju alir liquid = 26456,3084 kg/jam

= 11997,9359 lb/jam

$$L = \frac{11997{,}9359 \text{ lb/jam}}{60 \text{ menit/jam}} \times \frac{7{,}48 \text{ gal/ft}^3}{48{,}5 \text{ lb/ft}^3}$$

L = 30,8401 gpm

L_{max} = 1,3 L

= 40,0921 gpm

Sehingga dari gambar 3.8 Kusnarjo 2012,"desain kolom pemisah" hal 47 didapatkan tipe aliran "cross flow"

f. Pengecekan terhadap liquid head (hd)

Syarat desain kolom yang baik, yaitu hd < 1

Dengan menggunakan persamaan 3-3,3-4, 3-5 (Kusnarjo, 2012 p48)

$h_{l\,max} = h_w + h_{ow\,max}$ dan $h_{l\,min} = h_w + h_{ow\,min}$

$h_{ow\,max} = \left(\frac{Q_{max}}{2{,}98\,L_w}\right)^{2/3}$ dan $h_{ow\,min} = \left(\frac{Q_{min}}{2{,}98\,L_w}\right)^{2/3}$

dimana :

Q_{max} = 1,3 x L = 1,3 x 30,8401 = 40,092 gpm

Q_{min} = 0,7 x L = 0,7 x 30,8401 = 21,588 gpm

Tinggi weir (h_w) sebesar 1,5 - 3,5 in, dimana pada desain ini diambil:

Tinggi weir (h_w) = 2 in

Maka didapatkan harga sebagai berikut:

L_w/d_t	55%	60%	65%	70%	75%	80%
L_w	33	36	39	42	45	48

$h_{ow\ max}$	0,5498	0,5188	0,4919	0,4682	0,4471	0,4283
$h_{ow\ min}$	0,3639	0,3434	0,3256	0,3099	0,2959	0,2835
h_w	2	2	2	2	2	2
$h_{l\ max}$	2,5498	2,5188	2,4919	2,4682	2,4471	2,4283
$h_{l\ min}$	2,3639	2,3434	2,3256	2,3099	2,2959	2,2835

Karena h_l mempunyai harga sebesar 2,0 in - 4,0 in, maka dari tabel diatas diambil optimasi L_w/d_t sebesar = 80%

$h_w - h_c$ = ½

Maka,

h_c = 1,5 in

A_{dcl} = $L_w \times h_c$ *Luas down comer clearance* (Pers 3-6, Kusnarjo p48)

= 4 x 0,125

= 0,50 ft^2

Untuk L_w/d_t = 80% dari gambar 3.4 (Kusnarjo, 2012) diperoleh harga:

A_{dc} = 13% A_t *Luas down comer*

= 13% x $\pi/4 \cdot d_t^2$

= 2,5513 ft^2

Dari A_{dc} dan A_d diambil nilai yang terkecil, sehingga A_p = A = 0,5000 ft^2 maka:

$$h_d = 0,03 \left(\frac{Q_{max}}{100\ A_p}\right)^2 = 0,03 \left(\frac{40,092}{100 \times 0,5}\right)^2$$

= 0,0193 ft (Pers 3-7, Kusnarjo)

= 0,2315 in

Karena h_d = 0,2315 in < 1 in *maka tinggi liquid head memenuhi syarat*

g. Pengecekan terhadap harga tray spacing (T)

Syarat tray spacing yang baik,yaitu $T \geq 2h_b - h_w$

Dari hasil desain L_w/d_t = 80% dan d_t = 5 ft

Maka dari gambarl 3.4 (Kusnarjo, 2012) didapatkan lebar down comer (W_d) sebesar:

W_d = 20% d_t = 20% x 5 = 0,975 ft

= 11,7 in

Lebar calming zone (W_s) dan End wastage (W_w) diambil masing-masing sebesar 3 dan untuk menghitung luas active area (Aa) digunakan pers. 3-15 (Kusnarjo) dimana :

$$x = \frac{d_t}{2} - \frac{W_d + W_s}{12} = \frac{5}{2} - \frac{0,98 + 3}{12} = 2,17 \text{ ft}$$

$$r = \frac{d_t}{2} - \frac{W_w}{12} = \frac{5}{2} - \frac{3}{12} = 2,25 \text{ ft}$$

Maka luas active area:

$$Aa = 2\left(x\sqrt{r^2 - x^2} + r^2 \sin^{-1}\frac{x}{r} \right)$$ Pers 3-15, Kusnarjo p50

$$= 2\left(2,17\sqrt{2,25^2 - 2,17^2} + 2,25^2 \sin^{-1}\frac{2,17}{2,25} \right)$$

$$= 15,8 \ ft^2$$

Untuk bentuk Δ $= \dfrac{A_o}{A_a} = \dfrac{0,9065}{n^2}$ Pers 3-14, Kusnarjo p49

n	2,5	3	3,5	4	4,5
A_a	15,774	15,774	15,774	15,774	15,774
A_o	2,2879	1,5888	1,1673	0,8937	0,7061

Untuk n = 3,5

V_{max} = 1,3 V

= 1,3 x 14,5841

= 18,959 ft^3/s

$$U_{o\,max} = \frac{V_{max}}{A_o} = \frac{18,959}{1,1673} = 16,242 \ ft/s$$

$A_c = A_t - A_d$

$= \pi/4 \ . \ d_t^2 - A_d$

= 19,625 - 2,5513

= 17,0738 ft^2

$$Ao = \frac{1}{2}\left(\frac{\pi \ do^2}{4}\right)$$

$$1,1673 = \frac{\pi \ do^2}{8}$$

do^2 = 2,9740

do = 1 12/16 in

ndo = 6,0358 in

$$h_p = 12\left(\frac{\rho_V}{\rho_L}\right) 1,14\left(\frac{U_o^2}{2.g_c}\right)\left(0,4\left(1,25 - \frac{A_o}{A_c}\right) + \left(1 - \frac{A_o}{A_c}\right)^2\right)$$

$$= 12\left(\frac{0,30}{103,5}\right) 1,14\left(\frac{16,242^2}{2 \ x \ 32,2}\right)\left(0,4\left(1,25 - \frac{2,29}{17,1}\right) + \left(1 - \frac{2,29}{17,1}\right)^2\right)$$

= 0,19671 in (Pers 3-11, Kusnarjo p49)

$$h_r = \frac{31,2}{\rho_L} = \frac{31,2}{103,49} = 0,3015 \ in$$ (Pers 3-12, Kusnarjo p49)

$h_l = h_w + h_{ow\,max}$ = 2 + 0,4283 = 2,428 in

dengan menggunakan persamaan 3-9, 3-10 (Kusnarjo,2012) didapatkan:

$h_t = h_p + h_r + h_l$ = 0,197 + 0,3 + 2,428 = 2,926 in

$h_b = h_t + h_l + h_d$ = 2,926 + 2,428 + 0,231 = 5,586 in

Pengecekan terhadap Tray spacing

$T \geq 2 \ h_b - h_w$

15 in ≥ 2 x 5,586 - 2

15 in ≥ 9,1724 in *sehingga, Tray spacing hasil rancangan memenuhi syarat*

h. Pengecekan Weeping

Syarat: hpm > hpw

$V_{min} = 0{,}7 \quad V$

$= 0{,}7 \times 14{,}5841$

$= 10{,}209 \ ft^3/s$

$$U_{omin} = \frac{V_{min}}{A_o} = \frac{10{,}209}{1{,}1673} = 8{,}7459 \ ft/s$$

$$hpm = 12\left(\frac{\rho_V}{\rho_L}\right)1{,}14\left(\frac{U_o^2}{2.g_c}\right)\left(0{,}4\left(1{,}25 - \frac{A_o}{A_c}\right) + \left(1 - \frac{A_o}{A_c}\right)^2\right)$$

$$= 12\left(\frac{0{,}30}{103{,}5}\right)1{,}14\left(\frac{8{,}746^2}{2 \times 32{,}2}\right)\left(0{,}4\left(1{,}25 - \frac{2{,}29}{17{,}1}\right) + \left(1 - \frac{2{,}29}{17{,}1}\right)^2\right)$$

$= 0{,}5703$ in

$hpw = 0{,}2 + 0{,}07 \times 2{,}283$

$= 0{,}353$ in

$0{,}5703 \geq 0{,}353$

hpm ≥ hpw, maka stabilitas tray dan weeping memenuhi syarat

i. Pengecekan pada Entrainment

Syarat: tidak terjadi entrainment apabila $e_0/e > 1$

$$e = 0{,}22\left(\frac{73}{\sigma}\right)\left(\frac{Uc}{Te}\right)^{3,2}$$ (Pers 3-18, Kusnarjo p50)

$$U_c = \frac{V_{max}}{A_c}$$ (Pers 3-19, Kusnarjo p50)

$$= \frac{18{,}9593}{17{,}07375}$$

$= 1{,}1104$ ft/s

$Te = T - 2{,}5hl$ (Pers 3-20, Kusnarjo p50)

$= 15 - (2{,}5 \times 2{,}428)$

$= 8{,}9293$

$e_0 = 0{,}1$

Maka,

$$e = 0{,}22\left(\frac{73}{31{,}4792}\right)\left(\frac{1{,}1104}{8{,}9293}\right)^{3,2}$$

$= 0{,}0006$

$$\frac{e_0}{e} = \frac{0{,}1}{0{,}0006}$$

$\frac{e_0}{e} = 154{,}635 \geq 1$ *maka disimpulkan tidak terjadi entrainment*

j. Pelepasan uap dalam down comer

Syarat pelepasan uap dalam down comer cukup sempurna : $\frac{W_l}{W_d} \leq 0{,}6$

Dimana,

$W_l = 0{,}8 \sqrt{h_{ow} (T + h_w - h_b)}$ (Pers 3-22, Kusnarjo p51)

$= 0{,}8 \sqrt{0{,}4283 \left(15 + 2 - 5{,}5862 \right)}$

$= 1{,}7688$ in

Maka,

$\frac{W_l}{W_d} = \frac{1{,}7688}{11{,}7}$

$\frac{W_l}{W_d} = 0{,}15 \leq 0{,}6$ *Pelepasan gas dalam down comer sempurna*

k. Menentukan dimensi kolom

Jumlah tray aktual = 25 buah

Jumlah tray total = tray aktual + 1 tray kondensor

= 26 buah

Jarak antar tray, T = 15 in

Tinggi shell = Jumlah tray total x Jarak antar tray

= 26 x 15

= 390 in ≈ 32,5 ft

di shell = 60 in ≈ 5 ft

Total hl dalam shell = Jumlah tray total x hl

= 26 x 2,43

= 63,1 in ≈ 5,26 ft

l. Menentukan tekanan desain (pi)

$Ph = \frac{\rho\ (H-1)}{144}$ *(Brownell & Young pers 3,17 hal 46)*

$= \frac{103{,}4931 \left(5{,}26 - 1 \right)}{144}$

= 3,0626

P operasi = 1 atm

= 14,7 psi

Pi = P operasi + Ph

= 14,7 + 3,0626

= 17,7626 psi

= 3,0626 psig

m. Menghitung tebal silinder (t_s)

Tebal shell (t_s) $= \frac{Pi.di}{2(f.E-0{,}6\ Pi)} + C$

$= \left(\frac{3{,}0626 \times 26}{2 \quad 18750 \times 0{,}8 - 0{,}6 \times 3{,}0626} \right) + 0{,}0625$

$= 0{,}0652 \times \frac{16}{16}$

$= \frac{1{,}0425}{16} \Leftrightarrow \frac{3}{16}$

Standarisasi do & di

do $= di + 2t_s$

$= 60 + 0{,}3750$

$= 60{,}375$ in $\Rightarrow$ 38 in (Brownell,1959. tabel 5-7, p89)

Berdasarkan "Brownel and Young" tabel 5.7 hal 89, didapatkan :

icr = 2 3/8

r = 36

ts = 3/16

di baru $= do - 2t_s$

$= 38 - 0{,}375$

$= 37{,}625$ in $\approx$ 3,14 ft

n. Menentukan dimensi tutup atas dan bawah

- Tebal tutup atas (tha)

$$tha = \frac{0{,}885 \times Pi \times di}{f.E - 0{,}1\,Pi} + C$$

$$= \left(\frac{0{,}885 \times 3{,}0626 \times 37{,}625}{18750 \times 0{,}8 - 0{,}1 \times 3{,}0626}\right) + 0{,}0625$$

$$= 0{,}0693 \text{ in} \times \frac{16}{16}$$

$$= \frac{1{,}1088}{16} \approx \frac{3}{16}$$

- Tinggi tutup atas (ha)

ha $= 0{,}169.di$

$= 0{,}169 \times 37{,}625$

$= 6{,}3586$ in $\approx$ 0,5299 ft

- Tebal tutup bawah (thb)

$$thb = \frac{0{,}885 \times Pi \times di}{f.E - 0{,}1\,Pi} + C$$

$$= \frac{0{,}885 \times 3{,}0626 \times 37{,}625}{\left(18750 \times 0{,}8 - 0{,}1 \times 3{,}0626\right)} + 0{,}0625$$

$$= 0{,}0693 \text{ in} \times \frac{16}{16}$$

$$= \frac{1{,}1088}{16} \approx \frac{3}{16}$$

- Tinggi tutup bawah (hb)

hb $= 0{,}169.di$

$= 0{,}169 \times 37{,}6$

= 6,3586 in ≈ 0,5299 ft

Tinggi kolom = Tinggi shell + ha + hb

= 390 + 6,3586 + 6,3586

= 402,717 in ≈ 33,6 ft = 10,2290 m

o. Perancangan Nozzle

Dari Appendix A diperoleh :

Komposisi	F, kg/jam	V, kg/jam	Lo, kg/jam	L', kg/jam	V', kg/jam
CS_2	354,3887	1023,2069	668,81823	0	0
CCl_4	6950,7974	19867,967	12986,677	273,54654	204,03856
H_2O	39,8583	1,1508061	0,7522233	155,29245	115,83275
S_2Cl_2	6204,1640	0	0	24416,301	18212,137
Total	13549,208	20892,324	13656,248	24845,140	18532,008

Nozzle untuk kolom destilasi secara umum dibagi menjadi 5

1. Nozzle feed masuk

Rate massa = 29870,856 lb/jam

ρ_L = 103,4931 lb/ft^3

$Q = \frac{m}{\rho_L} = \frac{29870,8559}{103,4931} = 288,6265\ ft^3/jam$

= 0,0802 ft^3/s

$di_{optimal} = 3,9\ Q^{0,45}\rho^{0,13}$ (Pers.15 "Petters&Timmerhaus", p496)

$= 3,9 \times 0,0802^{0,45} \times 103,493^{0,13}$

= 2,2899 in ≈ 2 in

2. Nozzle top kolom

Rate massa = 46059,6361 lb/jam

ρ_L = 103,4931 lb/ft^3

$Q = \frac{m}{\rho_L} = \frac{46059,6361}{103,4931} = 445,0502\ ft^3/jam$

= 0,1236 ft^3/s

$di_{optimal} = 3,9\ Q^{0,45}\rho^{0,13}$ (Pers.15 "Petters&Timmerhaus", p496)

$= 3,9 \times 0,1236^{0,45} \times 103,493^{0,13}$

= 2,7826 in ≈ 2,5 in

3. Nozzle refluks

Rate massa = 30106,8366 lb/jam

ρ_L = 103,4931 lb/ft^3

$Q = \frac{m}{\rho_L} = \frac{30106,8366}{103,4931} = 290,9066\ ft^3/jam$

= 0,0808 ft^3/s

$di_{optimal}$ = $3{,}9\ Q^{0{,}45} \rho^{0{,}13}$ (Pers.15 "Petters&Timmerhaus",p496)

= $3{,}9 \times 0{,}0808^{0{,}45} \times 103{,}493^{0{,}13}$

= 2,298 in ≈ 2 in

4. Nozzle bottom kolom

Rate massa = 54774,0918 lb/jam

ρ_L = 103,4931 lb/ft^3

$$Q = \frac{m}{\rho_L} = \frac{54774{,}0918}{103{,}4931} = 529{,}2534\ ft^3/jam$$

$= 0{,}1470\ ft^3/s$

$di_{optimal}$ = $3{,}9\ Q^{0{,}45} \rho^{0{,}13}$ (Pers.15 "Petters&Timmerhaus",p496)

= $3{,}9 \times 0{,}1470^{0{,}45} \times 103{,}493^{0{,}13}$

= 3,0083 in ≈ 3 in

5. Nozzle uap reboiler

Rate massa = 40856,0354 lb/jam

ρ_L = 103,4931 lb/ft^3

$$Q = \frac{m}{\rho_L} = \frac{40856{,}0354}{103{,}4931} = 394{,}7705\ ft^3/jam$$

$= 0{,}1097\ ft^3/s$

$di_{optimal}$ = $3{,}9\ Q^{0{,}45} \rho^{0{,}13}$ (Pers.15 "Petters&Timmerhaus",p496)

= $3{,}9 \times 0{,}1097^{0{,}45} \times 103{,}493^{0{,}13}$

= 2,6365 in ≈ 2,5 in

Dari *Brownell & Young*, fig. 12.2 hal.221 didapat dimensi flange untuk semua nozzle, dipilih flange standart type slip on dengan dimensi:

Nozzle	NPS	A	T	R	E	L	B	K
1	2	6	3/4	3 5/8	3 1/16	2 1/2	2,07	2,38
2	2,5	7	7/8	4 1/8	3 9/16	2 3/4	2,47	2,88
3	2	6	3/4	3 5/8	3 1/16	2 1/2	2,07	2,38
4	3	7 1/2	15/16	5	4 1/4	2 3/4	3,07	3,50
5	2,5	7	7/8	4 1/8	3 9/16	2 3/4	2,47	2,88

Keterangan

NPS : Ukuran nominal pipa

A : Diameter luar flange, in

T : Tebal minimal flange, in

R : Diameter luar bagian yang menonjol, in

E : Diameter hubungan, in

L : Panjang hubungan, in

B : Diameter dalam flange, in

K : Diameter hubungan pada titik pengelasan, in

p. Sambungan antar tutup dengan shell

Untuk mempermudah pemeliharaan dan perbaikan dari kolom destilasi, maka tutup menara dihubungkan dengan bagian shell menggunakan sistem flange dan bolting.

- Flange

  Bahan konstruksi : High Alloy steel SA 336 Grade F8 type 304
  Allowable stress : 18750 (Brownell,1959. App D-1)
  Tensile stress min : 75000
  Type Flange : Ring Flange Loose Type

- Bolting

  Bahan konstruksi : High Alloy steel SA-193 Grade B8t type 321
  Allowable stress : 15000 (Brownell,1959. App D-4 p344)
  Tensile stress min : 75000

- Gasket (Brownell,1959. fig 12.11 p228)

  Bahan konstruksi : Solid Flat Metal Iron
  Gasket faktor (m) : 5,5
  Y : 18000 (Min desain seating stress)

1. Menentukan lebar gasket (W_G)

$$\frac{do}{di} = \sqrt{\frac{y-p.m}{y-p(m+1)}} = \sqrt{\frac{18000 - 14{,}7 \times 5{,}5}{18000 - 14{,}7 \times (5{,}5 + 1)}}$$

$$= 1{,}00041$$

(Brownell and Young, pers. 12.2, hal 226)

dimana, di = 38 in (do shell = di gasket)

maka, d_{OG} = 38,016 in

$$W_{G\,min} = \frac{d_{OG} - di}{2} = \frac{38{,}016 - 38}{2} = \frac{0{,}12}{16} \approx \frac{1}{16} \text{ in}$$

$$\approx 0{,}0625 \text{ in}$$

$d_{rata\text{-}rata}$ (G) = di + W_G = 38 + 0,0625 = 38,063 in
= 3,1719 ft = 0,97 m

2. Menentukan jumlah dan ukuran baut

- Beban agar gasket tidak bocor H_Y

  Wm_2 = H_Y = b.π.G.y (Brownell, 1959, pers. 12.88 p240)

  Dari fig. 12.12, didapatkan lebar seating gasket bawah

$$bo = b = \frac{N}{2} = \frac{0{,}0625}{2} = 0{,}0313 \text{ in}$$

  sehingga,

  H_Y = 0,0313 x 3,14 x 38,063 x 18000
  = 67227,8906 lb

- Beban tanpa tekanan (H_P)

  H_P = 2.b.π.G.m.P (Brownell, 1959, pers. 12.90 p240)

$= 2 \times 0{,}0313 \times 3{,}14 \times 38{,}063 \times 5{,}5 \times 14{,}7$

$= 603{,}9306$ lb

- Beban baut karena internal pressure (H)

$H = \dfrac{\pi . G^2 . P}{4}$ (Brownell, 1959, pers. 12.89 p240)

$= \dfrac{3{,}14 \times 38{,}063^2 \times 14{,}7}{4}$

$= 16717{,}8957$ lb

- Total beban pada kondisi operasi

$Wm_1 = H_P + H = 603{,}9306 + 16717{,}8957$

$= 17321{,}8263$ lb

$17321{,}8 < 67227{,}9$

$Wm_1 < Wm_2$ ***(maka Wm $_2$ digunakan sebagai pengontrol)***

3. Menentukan luas bolting minimum area

Dengan menggunakan pers. 12.92 Hal 240 Brownell & Young

$A_m = \dfrac{Wm_2}{fb} = \dfrac{67227{,}8906}{15000} = 4{,}4818594\ in^2$

4. Menentukan bolting (baut) minimum

Dari Brownell& Young, 1959, tabel 10.4 Hal. 188 diperoleh:

Ukuran baut = 0,875

Root area = 0,419 in^2

Bolting min $= \dfrac{A_m}{\text{Root area}} = \dfrac{4{,}4819}{0{,}419} = 10{,}697 \approx 16$ buah

Bs	=	2 1/16 in	*Bolting Space*
R	=	1 1/4 in	*Jarak radial min*
E	=	15/16 in	*Jarak dari tepi*
C	=	di shell + 2 (1,4159.go + R)	*Diameter area baut*

$go = t_s = \dfrac{3}{16} = 0{,}1875$ in

maka, C $= 37{,}625 + 2 \times \left(1{,}4159 \times 0{,}1875 + 1\ 1/4 \right)$

$= 40{,}656$ in

do flange $= C + 2E = 40{,}656 + 2 \times 15/16$

$= 42{,}531$ in

$\dfrac{n \times Bs}{3{,}14} = \dfrac{16 \times 2\ 1/16}{3{,}14} = 10{,}5096\ in < 16$

Memenuhi

- Cek lebar gasket

A_b aktual = Jumlah bolt x root area

= 16 x 0,419

= 6,704 in^2

$$W_{G\,min} = \frac{A_b \text{ aktual} . F}{2.\pi.Y.G}$$

$$= \frac{6{,}704 \times 18750}{2 \times 3{,}14 \times 18000 \times 38{,}063}$$

= 0,0292 in ≤ 0,0625 in ***(memenuhi syarat)***

$$W_G = 0{,}0292 \times \frac{16}{16} = \frac{0{,}4674}{16} \approx \frac{1}{16} \text{ in}$$

5. Menghitung moment

- Untuk keadaan bolting up (tanpa tekanan dalam)

$$W = \frac{(A_m + A_b)F}{2}$$ (Pers.12.94, "Brownell & Young", hal.242)

$$= \frac{\left(4{,}4819 + 6{,}704\right) \times 15000}{2}$$

= 83893,9453 lb

- Jarak radial dari beban gasket terhadap bolt circle (hg)

$$hg = \frac{C - G}{2}$$ (Brownell, 1959, pers. 12.101 p242)

$$= \frac{40{,}656 - 38{,}063}{2}$$

= 1,2967 in

- Moment flange (Ma)

Ma = hg . W = 1,2967 x 83893,9453 = 108787,90

Dalam keadaan operasi maka, W = Wm_2 = 67227,8906 lb

- Moment dan Force pada daerah dalam flange (H_D)

H_D = $0{,}785B^2.P$ (Brownell, 1959, pers. 12.96 p242)

= $0{,}785 \times 38^2 \times 14{,}7$

= 16663,0380 lb

Radial bolt circle pada aksi H_D

$$h_D = \frac{C - B}{2}$$ (Brownell, 1959, pers. 12.100 p242)

$$= \frac{40{,}656 - 38}{2}$$

= 1,328 in

- Moment M_D

M_D = $H_D.h_D$ (Brownell, 1959, pers. 12.96 p242)

= 16663,0380 x 1,328
= 22128,2020 lb in

H_G = W - H (Brownell, 1959, pers. 12.98 p242)
= 83893,9453 - 16717,8957
= 67176,0496 lb

M_G = $H_G.h_G$ (Brownell, 1959, pers. 12.98 p242)
= 67176,0496 x 1,2967
= 87109,2828 lb in

H_T = H - H_D (Brownell, 1959, pers. 12.97 p242)
= 16717,8957 - 16663,0380
= 54,8577 lb

$h_T = \frac{h_D + h_G}{2}$ (Brownell, 1959, pers. 12.102 p242)

$= \frac{1,328 + 1,2967}{2}$

= 1,3124 in

- Moment M_T

M_T = $H_T.h_T$
= 54,8577 x 1,3124
= 71,99 lb in

Moment total pada keadaan operasi

M_O = $M_D + M_G + M_T$
= 22128,2020 + 87109,2828 + 71,99
= 109309,4777 lb in

6. Menentukan tebal flange (t_F)

A = 42,531 in *diameter luar flange*
B = 38 in *diameter luar shell*

$K = \frac{42,531}{38} = 1,1192$ in

Dari Brownell 1959, fig. 12.22 Hal. 238 dengan nilai K = 1,1192 in
nilai Y = 13
Sehingga tebal flange,

$$t_F = \sqrt{\frac{Y \cdot M_{max}}{f \cdot B}} = \sqrt{\frac{13 \times 22128,2020}{15000 \times 38}}$$

$$= 0,7104 \times \frac{16}{16} = \frac{11}{16} \approx 3/4 \text{ in}$$

Kesimpulan Perancangan:

A. Gasket (Brownell,1959. fig 12.11 p228)

Bahan konstruksi : Solid Flat Metal Iron
Gasket faktor (m) : 5,5

Y	:	18000 (Min desain seating stress)
Tebal gasket (n)	:	0,0625 in

B. Bolting (baut)

Bahan konstruksi	:	High Alloy steel SA-193 Grade B8t type 321
Allowable stress (f)	:	15000 (Brownell,1959. App D-4 p344)
Tensile stress min	:	75000
Ukuran baut	:	0,875 in
Jumlah baut	:	10,6966 in

C. Flange

Bahan konstruksi	:	High Alloy steel SA 336 Grade F8 type 304
Allowable stress (f)	:	18750 (Brownell,1959. App D-1)
Tensile stress min	:	75000
Type Flange	:	Ring Flange Loose Type
Tebal flange	:	3/4 in
Diameter dalam (Di)	:	38 in
Diameter luar (Do)	:	42,531 in

q. Menentukan penyangga (support)

Penyangga dirancang untuk menahan beban kolom destilasi dan perlengkapannya. Beban-beban yang ditahan oleh kolom penyangga terdiri dari:

a. Berat bagian shell
   - Berat shell
   - Berat tutup

b. Berat kelengkapan bagian dalam
   - Berat downcomer
   - Berat tray

c. Berat kelengkapan bagian luar
   - Berat pipa
   - Berat attachment seperti nozzle, valve dan alat kontrol

1. Perhitungan beban yang harus ditahan kolom penyangga

a. Berat Shell

Tebal shell = 3/16 in = 0,016 ft

Tinggi Shell = 390 in = 32,5 ft

Keliling Shell = π x do shell = 3,14 x 38 = 119 in = 9,94 ft

Luas shell = Keliling x Tebal = 9,94 x 0,016 = 0,16 ft^2

Volume Shell = Luas x Tinggi = 0,16 x 33 = 5,05 ft^3

ρ_{steel} = 490 lb/ft^3 (Brownell, hal. 156)

Berat shell (W_s) = V shell x ρ_{steel}

= 5,0493 x 490

= 2474,181 lb

b. Berat tutup standart dished

W_{di} = A . t . ρ_{steel}

A = 6,28 Rc . h (Hesse pers. 4.16 hal 92)

Dimana,

Wd	:	Berat tutup standart dished						
A	:	Luas tutup standart dished						
t	:	Tebal tutup standar dished	=	3/16	in	=	0,0156	ft
Rc = di	:	Jari-jari tutup	=	38,0	in	=	3,1667	ft
ha	:	Tinggi tutup atas	=	6,3586	in	=	0,5299	ft
hb	:	Tinggi tutup bawah	=	6,3586	in	=	0,5299	ft

Maka,

A_a = 6,28 x 3,1667 x 0,5299

= 10,538 ft^2

A_b = 6,28 x 3,1667 x 0,5299

= 10,538 ft^2

Wd_a = 10,538 x 0,0156 x 490

= 80,679 lb

Wd_b = 10,538 x 0,0156 x 490

= 80,679 lb

Karena tutup atas dan tutup bawah adalah sama (dished head) maka

Berat tutup total :

W_{tu} = Wd_a + Wd_b

= 80,679 + 80,679

= 161,36 lb

c. Berat down comer

Dipakai dasar perhitungan dengan downcomer tanpa aliran uap

A_{dc} = 2,55 ft^2

Volume = A_{dc} . Tebal shell

= 2,55 x 0,016 = 0,0399 ft^3

Berat 1 plate = Volume . ρ_{steel}

= 0,0399 x 490 = 19,533 lb

W_{dc} = Berat 1 plate x Jumlah plate

= 19,533 x 26 = 507,86 lb

d. Berat tray

$$A_t = \frac{\pi}{4} d^2$$

$$= \frac{3,14}{4} \times 3,1354 = 7,7172 \ ft^2$$

Volume = A_t . Tebal shell

= 7,7172 x 0,016 = 0,1206 ft^3

Berat 1 tray = Volume . ρ_{steel}
= 0,1206 x 490 = 59,085 lb

W_{dc} = Berat 1 tray x Jumlah plate
= 59,085 x 26 = 1536,2 lb

e. Berat liquida
W_l = 29870,856 lb

f. Berat pipa
Pipa yang ada mencakup untuk feed, uap, reboiler, kondensor dan bottom produ
Ditetapkan panjang pipa 2 kali tinggi kolom destilasi
Panjang pipa = 2 x 33,560 = 67,12 ft
Diambil rata-rata pipa 1,5 in sch 40
dengan berat = 2,718 lb/ft (Brownell, 1959, App.K)
W_p = 67,12 x 2,718 = 182,43 lb

g. Berat attachment
Berat attachement meliputi nozzle, valve dan alat kontrol
W_a = 18% W_s
= 18% x 2474,1810 = 445,35 lb
Berat total yang harus ditopang penyangga
W_{total} = $W_s + W_{tu} + W_{dc} + W_t + W_l + W_p + W_a$
= 35178,2431 lb

r. Perencanaan skirt support

Sistem penyangga yang digunakan adalah skirt support
Skirt adalah penyangga yang digunakan dan paling aman untuk menyangga *vertikal vessel*. *Skirt* disatukan dengan *vessel* menggunakan pengelasan kontinyu ukuran pengelasan didasarkan atas tebalnya *skirt* . Ketebalan skirt harus mampu menahan berat sheel dan moment dari vessel

Tinggi support = 2 ft ≈ 24 in (Asumsi)

- Menentukan tebal skirt
Stress karena angin
H = 2 + Tinggi kolom
= 2 + 402,717 = 404,72 in = 33,726 ft

$$f_{wb} = \frac{15,89 \left(\frac{do + di}{2}\right) H^2}{do^2 \cdot t} \quad \text{(Brownell, 1959, pers. 9.20 p161)}$$

$$= \frac{15,9 \left(\frac{38 + 37,625}{2}\right) 404,72^2}{1444 \times t}$$

$$= \frac{68154,655}{t}$$

Stress dead weight

$$f_{db} = \frac{\Sigma W}{\pi \cdot do \cdot t}$$ (Brownell, 1959, pers. 9.6 p183)

$$= \frac{35178{,}2431}{3{,}14 \times 38 \times t}$$

$$= \frac{294{,}8227}{t}$$

Stress kompresi maksimum

$f_{c\ max}$ = 0,125 E (t/do) cos α

dimana, E concrete = 2E+06 psi (Brownell 1959, hal 184)

$f_{c\ max}$ = 0,125 x 2E+06 (t / 38)

= 6578,9474 t

$f_{c\ max}$ = f_{wb} + f_{db} (Brownell, 1959, pers. 9.80)

$$6578{,}9474\ t = \frac{68154{,}655}{t} + \frac{294{,}8227}{t}$$

$$t = \sqrt{\frac{68449{,}48}{6578{,}9474}}$$

= 3,2256 in

s. Menentukan bearing plate

Dari Brownell 1959, tabel 10.1 hal 184 diperoleh

f_c = 3000 psi

$f_{c\ max}$ = 1200 psi

n = 10

fs allowable untuk struktural steel skirt = 45000 psi

Ditetapkan:

di bearing plate = 38

do bearing plate = 1,15 x 38

= 43,70 in ≈ 3,6 ft

Jumlah chair = 8 (Brownell 1959, tabel 10.5 p191)

Jumlah bolt = 16

Luas bolt = 0,551 ft^2 (Brownell 1959, tabel 10.4 p188)

Dengan pers. 9.11, Brownell 1959 halaman 158

P_W = 0,0025 V_W^2

Dimana,

P_W : tekanan angin pada permukaan alat (lb/ft^2)

V_W^2 : kecepatan angin = 100 mph (Brownell 1959, Hal. 158)

Maka,

P_W = 0,0025 x 100^2

= 25 lb/ft^2

$M_W = \frac{1}{2} P_W . H^2 \frac{di + do}{2}$

M_W : bending moment pada puncak kolom (lb.ft)

di : 3,1354 ft

do : 3,1667 ft

$M_W = \frac{1}{2}\ 25 \times 33,73^2\ \frac{3,14 + 3,17}{2}$

= 44802,79 lbft

$t_3 = \frac{(do - di)}{2}$ bearing

$= \frac{43,7 - 38,00}{2}$

= 2,85 in

Diperkirakan fc = 1200 psi

$K = \frac{1}{1 + \left(\frac{fs}{n . fc}\right)}$ (Brownell, 1959, pers. 10.3 p184)

= 0,40

fc (bolt circle) = $f_{c\ max} \frac{2 . K . do}{2 . K . do . t_3}$

$= 1200 \times \frac{2 \times 0,4 \times 43,7}{2 \times 0,4 \times 43,7 \times 2,85}$

= 421,05 ≤ 1200 **(memenuhi)**

Dari Brownell 1959, tabel 10.2, hal 186

Untuk harga K = 0,40 maka,

Cc = 1,765

Ct = 2,224

z = 0,416

j = 0,783

Tensile load (Ft) = $\frac{Mw - Wdw . z . d}{j . d}$ (Brownell, 1959, pers. 10.24 p186)

$= \frac{44802,7939 - 35178,24 \times 0,416 \times 3,17}{0,783 \times 3,17}$

= 620,5599 lb

$t_1 = \frac{\text{Jumlah baut . Root area}}{\pi . 1,25}$

$= \frac{16 \times 0,55}{3,14 \times 1,25}$

= 2,2461 in

Relationship pada tension side

Ft = $fs . t_1 . r . Ct$ (Brownell, 1959, pers. 10.9 p185)

$fs = \dfrac{Ft}{t_1 . r . Ct}$

$= \dfrac{620,5599}{2,2461 \times 3,6 \times 2,224}$

$= 34,113$ psi

$Fc = Ft + Wdw$ (Brownell, 1959, pers. 10.27 p187)

$= 620,560 + 35178,2431$

$= 35798,8029$ lb

Kompresive stress sesunguhnya pada bolt circle (fc)

$t_2 = t_3 - t_1$

$= 2,85 - 2,2461$

$= 0,6039$ in

$fc = \dfrac{Fc}{(t_2 + nt_1) . r . Cc}$ (Brownell, 1959, pers. 10.18 p186)

$= \dfrac{35798,8029}{(0,6039 + 10 \times 2,2461) \times 3,6 \times 1,765}$

$= 241,47$ psi

Pengecekan harga K

$K = \dfrac{1}{1 + \left(\dfrac{fs}{n . fc}\right)}$

$= 0,9861$

$f_{c\,max} = fc \text{ (bolt circle) } \dfrac{2 . K . do . t_3}{2 . K . do}$

$= 241,4735 \times \dfrac{2 \times 0,9861 \times 43,7 \times 2,85}{2 \times 0,9861 \times 43,7}$

$= 688,2 \leq 1200$ **(memenuhi)**

Dari Brownell 1959, tabel 10.4 hal 188 didapatkan ukuran baut 1” dengan dimensi

Bolt circle = 2 1/4 in

Nut dimension = 1 5/8 in

Bearing plate yang digunakan tipe eksternal bolting chair, pada plate dipasang compressing ring agar lebih kuat

Ditetapkan tinggi gusset = 12 in

Bearing plate diperkuat dengan 16 buah gusset yang mempunyai spasi yang sama

Dari fig 10.6, Brownell 1959, hal 191, diperoleh:

Lebar gusset (A) = 9 + Ukuran baut

= 9 + 1 1/2 = 10,5 in

Jarak antar gusset (b) $= \dfrac{\pi \; 43,7}{16} = 8,5761$ in

Luas area bolt (Ab) = 0,551 ft^2

Beban bolt (P) = fs . Ab = 34,112756 x 0,55 = 18,796 lb

L = do bearing - do shell

= 43,7 - 38 = 5,70 in

$$\frac{b}{L} = \frac{8,5761}{5,700} = 1,505$$

Dari Brownell 1959, tabel. 10.4, hal 188, didapatkan:

$$e = \frac{\text{nut dimension across flat}}{2} = \frac{1\ 5/8}{2}$$

= 0,8125 in

Dari Brownell 1959, tabel. 10.6, hal 192, didapatkan:

γ_1 = 0,168

μ = Poisson's ratio = 0,3 (untuk steel) (Brownell, 1959, Hal.192)

Maksimum bending (My)

$$My = \frac{P}{4\pi}\left(\left(1 + \mu\right)\ln\left(\frac{21}{\pi e}\right) + \left(1 - \gamma_1\right)\right)$$

(Brownell, 1959, pers. 10.40 p192)

$$My = \frac{18,7961}{4 \times 3,14} \times \left(\left(1 + 0,3\right)\ln\left(\frac{21}{3,14 \times 0,81}\right) + \left(1 - 0,168\right)\right)$$

= 5,3460 lbin

$$t_4 = \sqrt{\frac{6 . My}{(t_3 - bhd) f_{max}}}$$ (Brownell, 1959, pers. 10.37 p191)

$$= \frac{6 \times 5,3460}{\left(2,85 - 1,25\right) \times 45000}$$

$$= 0,0211 \times \frac{16}{16}$$

$$= \frac{0,3377}{16} \approx \frac{3}{16}$$

$$t_5 = \sqrt{\frac{6 . My}{f_{allow}}} = \sqrt{\frac{6 \times 5,3460}{45000}}$$ (Brownell, 1959, pers. 10.41)

$$= 0,0267 \text{ in} \times \frac{16}{16}$$

$$= \frac{0,4272}{16} \approx \frac{3}{16} \text{ in}$$

$$t_6 = \frac{3}{8} t_5$$ (Brownell, 1959, pers. 10.47 p194)

$$= \frac{3}{8} \times \frac{3}{16}$$

$$= 0,0703 \times \frac{16}{16}$$

$$= \frac{1{,}125}{16} \approx \frac{3}{16}$$

t. Dimensi anchor bolt

- Panjang = 12 in
- Diameter = 3 in
- Jumlah = 8 buah (tabel Megeyes, 1983)

u. Dimensi pondasi

Pondasi terdiri beban dengan kandungan air 6 US gal per 94 lb sak semen
(Brownell 1959, tabel 10.1, hal 184)

Beban total yang harus ditahan pondasi

- Berat beban bejana total
- Berat kolom penyangga
- Berat base plate

Ditentukan

- Masing-masing kolom penyangga diberi pondasi
- Spesifikasi pondasi didasarkan atas berat beban setiap kolom penyangga pada sistem pondasi
- Spesifikasi semua penyangga sama

Beban yang ditanggung penyangga = 35178,2431 lb
Beban tiap penyangga = berat x tinggi
= 35 lbin x 24 in
= 840 lb
W = 36018,2431 lb

Gaya yang bekerja pada pondasi dianggap sebagai gaya vertikal berat total kolom, sedangkan bidang kerja dianggap bujur sangkar dengan perencanaan ukuran:

Luas tanah untuk atas pondasi = Luas pondasi atas
= 40 x 40 = 1600 in^2
Luas tanah untuk dasar pondasi = luas pondasi bawah
= 60 x 60 = 3600 in^2
Tinggi pondasi (t) = 24 in
Luas rata-rata (A) = $0{,}5 \times \left(40^2 + 60^2 \right)$
= 2600 in^2
Volume pondasi (V_P) = A . t
= 2600 x 24
= 62400 in^3 = 36,111 ft^3
Densitas untuk gravel = 126 lb/ft^3 (Perry's 6th tabel 3-118)
Maka,
W pondasi = V . ρ

= 36,111 x 126

= 4550 lb

Asumsi:

Tanah atas pondasi berupa cement sand & garvel dengan minimum safe bearing power 5 ton/ft^3 dan maksimum safe bearing power = 10 ton/ft^3.

(Hesse, tabel 12.2 hal 224)

Berat total keseluruhan

W total = 36018,2431 + 4550

= 40568,2139 lb

Tekanan dari sistem pondasi terhadap luas tanah (P)

$$P = \frac{W\ total}{A} = \frac{40568,2139}{2600} = 15,603\ lb/in^2$$

Acuan harga safety didasarkan pada minimum bearing power yaitu:

6000 kg/ft^2 = 91,862 lb/in^2

Tekanan terhadap tanah = 15,603 $\leq$ 91,862 lb/in^2 **(pondasi dapat digunakan)**

v. Spesifikasi kolom destilasi

1. Silinder/shell
   - Diameter dalam : 37,6250 in
   - Diameter luar : 38 in
   - Tinggi : 390 in
   - Tebal : 3/16 in
   - Bahan konstruksi : High-alloy Steel SA 167 Grade 10 type 310
2. Tutup Atas dan Tutup Bawah
   - Crown radius (icr) : 2 3/8 in
   - Tinggi tutup atas : 6,3586 in
   - Tinggi tutup bawah : 6,3586 in
   - Tebal tutup : 3/16 in
   - Bahan konstruksi : High-alloy Steel SA 167 Grade 10 type 310
3. Tray
   - Jumlah tray : 25 buah
   - Tebal tray : 3/16 in
   - Susunan pitch : Tringular pitch
   - Bahan konstruksi : High-alloy Steel SA 167 Grade 10 type 310
4. Down comer
   - Lebar : 11,7000 in
   - Luas : 2,5513 ft^2
   - Bahan konstruksi : High-alloy Steel SA 167 Grade 10 type 310
5. Nozzle
   - Diameter feed masuk : 2,0 in

- Diameter top kolom : 2,5 in
- Diameter refluks : 2,0 in
- Diameter bottom : 3,0 in
- Diameter reboiler : 2,5 in

6. Flange dan Gasket
   - Diameter Flange : 42,531 in
   - Tebal Flange : 3/4 in
   - Bahan konstruksi : High Alloy Steel SA 336 Grade F8 Tipe 304
   - Lebar Gasket : 1/16 in
   - Diameter Gasket : 38,063 in
   - Bahan konstruksi : Solid Flat Metal Iron
7. Baut
   - Ukuran Baut : 0,875 in
   - Jumlah baut : 16 buah
   - Bahan konstruksi : High Alloy steel SA-193 Grade B8t type 321
8. Skirt Support
   - Tinggi : 24 in
   - Tebal : 3,2256 in
   - Bahan konstruksi : High-alloy Steel SA 167 Grade 10 type 310
9. Bearing plate
   - Type : Eksternal Bolting Chair
   - Diameter dalam : 37,6250 in
   - Tebal : 3/16 in
   - Jumlah : 8 buah
   - Bahan konstruksi : Carbon stell SA-135 Grade B

10 Anchor Bolt
   - Panjang : 12 in
   - Diameter : 3 in
   - Jumlah : 8 buah

11 Pondasi
   - Luas pondasi atas : 1600 in^2
   - Luas pondasi bawah : 3600 in^2
   - Tinggi pondasi : 24 in
   - Bahan konstruksi : Sement, Sand and Gravel